

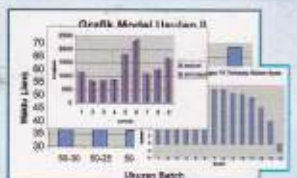


PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

Teknologi Simulasi Dan Aplikasinya Untuk Optimasi Industri

AUDITORIUM PASCASARJANA UGM, 1-2 JUNI 2005



BNI
Melayani Negeri Kebanggaan Bangsa

Kedaulatan Rakyat

JURUSAN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK UGM

2005

SUSUNAN PANITIA

PANITIA PENGARAH

Prof.Dr. Ir. Indarto, DEA.
Ir. Sutrisno, MSME., Ph.D
Dr. Ir. Suhanan, DEA
Ir. M. Wazis Wildan, M.Sc., Ph.D
Ir. Alva Edy Tontowi, M.Sc., Ph.D
Ir. Subagyo, Ph.D

PANITIA PELAKSANA

Ir. Aliq Zuhdi, MT
Budi Hartono, ST., MPM
Anna Maria Sriasih, ST., MM
MK. Herliansyah, ST., MT.
M. Iqbal
Regina Ratih
Ayu Dyah Andari
Nocky Triwibowo
Muh. Irfan Satiaksa
Roni Bagus Kuncoro
Dicky Pranadias
Adi Purnama Sidi
P Kus Ariningsih
Novita Eka wulandari
Tities Dian P
Ohana Indriastanti
Ria Perdanasari
Devi Zuhana Nindiyasari
Anita Dyah
Andyan Jatmiko
Antario Terryandana
Nurrahman Adisaputra
Kurniawan Parwanto
Wawan Trihartanto
Nurhasim

EDITOR

Ir. Aliq Zuhdi, MT
Muhammad K Herliansyah, ST., MT
M. Iqbal
Ayu Dyah Andari

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
SUSUNAN PANITIA.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv

MAKALAH KUNCI

1. Simulation Based Decision Support Solutions In A Nutshell Brian Err	1
2. Perkembangan Sains dan Teknologi Komputasi, Modeling dan Simulasi Sutrisno	2
3. Peranan Simulasi Berbasis Komputer Dalam Optimasi Proses Disain Pembuatan Produk Cor Koswara, Tri Djaka	9

I. KELOMPOK SIMULASI PERMESINAN, KENDALI, DAN ROBOTIK

1. Aplikasi Mekanisme Crank Rocker Pada Gerakan Buka dan Tutup Lengan Ayun Barrier Gate (Alat Bantu Pengatur Keluar dan Masuk Kendaraan) Iwan Agustiawan	16
2. Pengembangan Sistem Simulasi Lintasan Alat Iris Dua Dimensi Pada Mesin CNC Milling Muhammad Kusumawan Herliansyah	26
3. Simulasi Lintasan Produksi Terotomasi dengan Material Handling AGV Yuliana Dewi Mulianti, Ign. Luddy Indra Purnama, The Jin Ai	32
4. Simulasi Prediksi Cacat Penyusutan pada Pengecoran Cetakan Pasir Soejono Tjitro	41
5. Sistem Kontrol Traksi kendaraan dengan system Kontrol PID Fuzzy Ian Hardianto Siahaan, I Nyoman Sutantra	47
6. Pengendali 3 Motor Stepper Berbasis Internet Sebagai Simulasi Pengendali Mesin CNC R Prabandana Agung P, M.K. Herliansyah	52

II. KELOMPOK APLIKASI SIMULASI PADA PRODUCTION MANAGEMENT DAN CONTROL

1. Analisis Performansi Tata Letak Lantai Produksi Terhadap Produktifitas dengan Menggunakan Model Simulasi Hari Agung Yuniarto	66
2. Aplikasi Cellular Manufacturing dan Simulasi untuk Perbaikan Tata Letak Pabrik Siti Mahsanah Budijati, Tri Budiyanto, Tri Sulistiowati	72
3. Integrasi Model Simulasi Dan Multi Objektif Dalam Sistem Manufaktur Sellular Rika Ampuh Hadlguna, Masrul Indrayana	82
4. Modifikasi Particle Swarm Optimization untuk Penjadwalan flowshop The Jin Ai	90
5. Optimasi Kombinasi Parameter Algoritma Genetik Untuk Penjadwalan Flowshop SDST/NIQ Ivana Christanmas, The Jin Ai	98
6. Penentuan Durasi Nyala Lampu Lalu Lintas di Perempatan Mirota Kampus Jogjakarta yang Optimal dengan Menggunakan Software Simulasi Arena 5.0 Agus Mansur, Rilo Purnawan, Nugraha Agung	108
7. Penataan Ulang Layout Gudang Barang Jadi (Studi Kasus di PT "X", Palur) Vinsensius Tri Hadi Septiyanto, Hadi Santono, Baju Bawono	115
8. Penugasan Mesin-mesin Multi-purpose Non-identik pada Sistem Non-Fleksibel Yosephine Suharyanti, Laniewati, A. Kusumamngum, M. E. Tjahjono	124
9. Simulasi Penentuan Utilitas Komputer dan Operator (Studi Kasus Di Warnet Am@N.Net) Erna Noviani, Hadi Santono, Slamet Setio Wigati	130
10. Aplikasi Simulasi Sistem untuk Penentuan Fasilitas Produksi Siti Mahsanah Budijati, Choirul Bariyah, Sukanto	138
11. Penelusuran Corective Action untuk Mengurangi Rejection Tag Iwan Rijayana	146
12. Permodelan Sistem dalam Pelayanan Rekam Medis di Rumah Sakit Widodo Hariyono	150

13. Evaluasi Fasilitas Jembatan Timbang di PT. Krakatau Bandar Samudra (KBS) dengan Menggunakan Simulasi Arena Didit Damur Rochman. Didi Teguh Pribadi, Setijadi	155
14. Aplikasi Model Simulasi Promodel untuk Analisis Sistem Transportasi Aliq Zuhdi, Maulida Boru B, Hendra Jati Kuncoro	165
15. Penerapan Simulasi Promodel untuk Evaluasi Sistem Material Handling Rizanty Pratiwi, Kumiawan Parwanto, Aliq Zuhdi	171
16. Analisis Kapasitas Produksi Menggunakan Metode Simulasi Promodel Maya Rani Puspita, Ryyld Ipbtas Yusri, Aliq Zuhdi	177

III. KELOMPOK INVENTORY CONTROL

1. Optimasi Jumlah Cadangan Pengaman Antar Stasiun Kerja Just In Time (JIT) Menggunakan Model Simulasi Victor Suhandi	184
2. Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Model Sistem Dinamik (Studi kasus : CV. Prima Furniture) Madyana AM, Tony Yumarto, dan Natalie	193
3. Sistem Informasi Persediaan Produk di Gudang Barang Jadi Berbasis Local Area Network (LAN) Krisarinta Hari Suseno, Hadi Santono, Baju Bawono	203
4. Simulasi Sistem Kontrol Conwip Darma Ujur P Simbolon, Slamet Setio Wigati, Baju Bawono	211
5. The Effect Of Demand Fluctuations Towards Backlog in MTO Companies: An Assessment Study With System Dynamics Bertha Maya Sopha	221
6. Penentuan Interval Preventive Replacement dan Persediaan Suku Cadang yang Optimal pada Mesin Norden 3002 di PT.X Nani Kumiaty, Yulia Ekawati	227
7. Analisis Persediaan Untuk Membangun Supply Chain Management di Perusahaan Roti Barokah Klaten Annie Purwani, Siti Mahsanah Budijati, Enda Apriani	238
8. Model Simulasi Sistem Inventori dan Pengaruh Material Handling Anna Maria Sri Asih, Aliq Zuhdi, Budi Hartono	245

9. Minimasi Perbedaan Planning Order dan Actual Order Pada Sistem Kanban Dengan Simulasi Promodel
Didiet Prihastuti, Aliq Zuhdi 252

IV. KELOMPOK TEKNIK DAN APLIKASI SIMULASI

1. Teknologi Simulasi untuk Analisis Keselamatan PLTN
Anhar R. Antariksawan, Julwan H. Purba dan Surip S. Widodo 262
2. Mathematical Modeling and Simulation Using Spreadsheets
Budi Hartono, Subagyo 272
3. Perancangan Destilasi Ekstraktif Pada Pemisahan Campuran Azeotrop Bertitik Didih Minimum dengan Entrainer Bertitik Didih Maksimum
Sutijan 278
4. Pengendalian Kualitas Keramik dengan Pendekatan Six Sigma Pada PT. Tunas Asri Keramik Jogiakarta
Reni Dwi Astuti, Endah Utami, Dwi Retno M 286
5. Simulasi Numerik Aliran Sisi *Shell* untuk Optimasi Desain Alat Penukar Kalor *Shell* and *Tube* dengan Aliran Pilin
Bambang Teguh P., Anhar R Antariksawan, Himawan S 296
6. Simulasi Komputer Untuk Manajemen Kecelakaan Pada Reaktor Nuklir Pengendalian Penyelia Manusia
Djoko Hari Nugroho, Sudarno, Ahmad Abtokhi 303
7. Komputasi Metode COMSOAL dan Metode RPW untuk Penyeimbangan Lintasan Produksi Berbasis JAVA
Supriyono, Andika Putra Mukti, Hafsah 313
8. Analisis Pemindahan Botol PT XYZ untuk Kelayakan Distribusi
Slamet Fardyanto , Andino Maseleno, Hendra, Yuddy Krisna Sudirman 322
9. Pengembangan Sistem Optimasi Energi Industri dengan Pendekatan Simulasi
Samsul Kamal, Aliq Zuhdi, Kurniawan Budi Prasetyo, Suyana 334

V. EKS PENULIS 339

APLIKASI CELLULAR MANUFACTURING DAN SIMULASI UNTUK PERBAIKAN TATA LETAK PABRIK

Siti Mahsanah Budijati

Tri Budiyanto

Tri Sulistiowati

Program Studi Teknik Industri, Fak. Teknologi Industri

Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta. (0274)379418

e-mail: sm_budijati@yahoo.com

e-mail: tribdy@yahoo.com

Abstrak

Tata letak pabrik yang tidak efisien menyebabkan terjadi tabrakan aliran bahan, sehingga mengakibatkan ketidaklancaran aliran bahan dari satu departemen ke departemen yang lain. PT “MH” sebuah perusahaan penghasil cinderamata mengalami hal tersebut. Untuk perbaikan tata letak pabriknya diusulkan pendekatan cellular manufacturing yang dilanjutkan dengan simulasi menggunakan bantuan software ARENA 3.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbaikan tata letak dengan menggunakan metode Rank Order Clustering (ROC) memberikan efisiensi yang cukup baik dibanding 2 metode lainnya yaitu Bond Energy Algorithm (BEA) dan ROC 2. Sementara hasil simulasi menunjukkan peningkatan output produksi dari 642 unit menjadi 661 unit dalam 10 hari, juga ditunjukkan adanya pengurangan jarak material handling dari 246,5 m menjadi 243 m, sehingga terjadi penghematan biaya material handling sebesar Rp. 30.817,28 setiap bulannya untuk produk patung kayu primitif.

Kata Kunci: *Cellular manufacturing*, tata letak pabrik, simulasi, ARENA

PENDAHULUAN

Tata letak pabrik yang tidak efisien menyebabkan terjadi tabrakan aliran bahan, sehingga mengakibatkan ketidaklancaran aliran bahan dari satu departemen ke departemen yang lain. PT “MH” sebuah perusahaan penghasil cinderamata, yang mengolah bahan baku kayu menjadi produk yang berupa patung primitif mengalami hal tersebut. Tata letak yang kurang tertata dengan baik tersebut, menjadikan ongkos *material handling* menjadi besar.

Salah satu cara untuk pengaturan tata letak pabrik adalah dengan menerapkan suatu tipe pengaturan tata letak fasilitas produksi (*facilities lay out*) yang berorientasi pada peningkatan produktivitas dan fleksibilitas. Tipe pengaturan tata letak yang dimaksud adalah *product family/group technology/cellular manufacturing lay out*.

Tata letak usulan, sangat tidak mungkin jika langsung diterapkan dalam lantai produksi, karena akan mengganggu jalannya proses produksi, disamping kebutuhan biaya yang cukup besar untuk perubahan tersebut. Untuk itu diperlukan satu bentuk *representasi* dari usulan tata letak tersebut. Simulasi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mewakili kondisi suatu sistem dan rangkaian kejadiannya secara sistematis. Dengan demikian dari model simulasi dapat diamati setiap implikasi yang timbul dari perubahan yang ada pada sistem.

Diharapkan dengan perbaikan tata letak, akan terjadi pengurangan jarak perpindahan bahan, sehingga ongkos *material handling* berkurang, dan terjadi peningkatan jumlah output yang dihasilkan.

Tata letak pabrik dapat didefinisikan sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik dengan memanfaatkan luas area seoptimal mungkin guna menunjang kelancaran proses produksi (Wignjosoebroto, 1996). Atau menurut Assauri (1993) dapat pula diartikan sebagai susunan dari mesin-mesin dan peralatan produksi di suatu pabrik.

Tujuan perencanaan tata letak adalah untuk pengembangan suatu sistem produksi yang efisien dan efektif sehingga dapat tercapai suatu proses produksi dengan biaya yang paling ekonomis (Herjanto, 1993).

Beberapa macam *lay out* fasilitas yang berupa mesin atau peralatan menurut Wignjosoebroto (1996), yaitu:

a. Tata Letak Fasilitas Berdasarkan Aliran Produksi (*Product lay out*)

Product lay out didefinisikan sebagai metode pengaturan dan penempatan semua fasilitas produksi yang diperlukan untuk membuat satu jenis produk ke dalam satu departemen secara khusus. Dengan tata letak ini suatu produk akan dapat dikerjakan sampai selesai di dalam departemen tersebut tanpa harus dipindahkan ke departemen lain.

b. Tata Letak Fasilitas Berdasarkan Fungsi atau Macam Proses (*Process Lay out*)

Process lay out atau tata letak berdasarkan fungsi atau macam proses merupakan *metode* pengaturan dan penempatan segala jenis mesin serta fasilitas produksi lainnya yang memiliki tipe atau jenis yang sama ke dalam satu departemen. Karena tata letak tipe ini terasa lebih fleksibel dalam memenuhi order-order yang bervariasi, maka biasanya tata letak semacam ini banyak digunakan oleh industri yang volume produksinya relatif kecil namun variasinya cukup besar..

c. Tata Letak Fasilitas Berdasarkan Kelompok Produk (*Product Family Lay out*)

Tata letak berdasarkan kelompok produk (*product family/group technology lay out*) adalah sebuah konsep untuk mengorganisasi sumber daya manufaktur (produksi) untuk meningkatkan produktivitas. Tata letak tipe ini didasarkan pada pengelompokan produk atau komponen yang akan dibuat dan mesin-mesin atau fasilitas produksi yang digunakan ke dalam suatu *manufacturing cell*. Produk-produk yang tidak identik dikelompok-kelompokkan berdasarkan langkah-langkah pemrosesan, bentuk, mesin atau peralatan yang dipakai dan sebagainya.

d. Tata Letak Fasilitas Berdasarkan Lokasi Material Tetap (*Fixed Position Lay Out*)

Tata letak fasilitas berdasarkan *product lay out* maupun *process lay out*, produk bergerak menuju mesin sesuai dengan urutan proses yang dibutuhkan. *Fixed position lay out* diartikan sebagai suatu tipe tata letak fasilitas dimana mesin, manusia serta komponen-komponen kecil bergerak menuju lokasi material untuk menghasilkan produk. *Lay out* ini biasanya digunakan untuk memproses produk yang relatif besar dan berat sedangkan peralatan yang digunakan ringan dan mudah dipindahkan.

Masalah yang menonjol dalam layout adalah masalah bagaimana mengangkat barang-barang di dalam proses produksi dari satu bagian ke bagian yang lain sehingga proses produksi tidak terganggu akibat terlambatnya barang-barang atau bahan-bahan yang akan diproses di suatu bagian tertentu. Masalah ini merupakan masalah *material handling* atau penanganan material (Reksoharadiprodo dan Gitosudarmo, 1992).

Berdasarkan perumusan yang dibuat oleh *American Materil handling Society* (AMHS), *material handling* dapat dinyatakan sebagai seni dan ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pembungkusan/pengepakan (*package*), penyimpanan (*storing*) sekaligus pengendalian/pengawasan (*controlling*) dari bahan atau material (Reksoharadiprodo dan Gitosudarmo, 1992).

Group Technology adalah suatu konsep pengelompokan part atau komponen yang akan dibuat berdasarkan karakteristik seperti desain produk, perencanaan proses, pabrikasi, perakitan dan pengendalian produksi dengan tujuan untuk mengurangi waktu *set up*, ukuran *batch*, dan jarak *material handling*. Penerapan konsep *group technology* dalam manufaktur disebut *Cellular Manufacturing System (CMS)* (Singh, et al, 1996).

Beberapa metode pembentukan sel manufaktur menurut Singh, et al, (1996), antara lain:

a. *Bond Energy Algorithm (BEA)*

Bond Energy Algorithm diperkenalkan pertama kali oleh Mc Cormick, Scheweitzer dan White pada tahun 1972. Metode ini menghitung ukuran efektifitas atau *measure of effectiveness* (ME) yang dimiliki oleh sebuah susunan matrik komponen-mesin. Formulasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Maks ME (A)} &= 1/2 \sum_{p=1}^P \sum_{m=1}^M a_{pm} (a_{p,m+1} + a_{p,m-1} + a_{p+1,m} + a_{p-1,m}) \\ \text{ME (A)} &= \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{p=1}^P a_{pm} a_{p,m+1} + \sum_{p=1}^{P-1} \sum_{m=1}^M a_{pm} a_{p+1,m} \\ &= \text{ME (baris)} + \text{ME (kolom)} \end{aligned} \quad (1)$$

dengan $a_{0,m} = a_{p+1,m} = a_{p,0} = a_{p,M+1} = 0$

dimana p adalah part

m adalah mesin

$$a_{p,m} = \begin{cases} 1, & \text{jika part } p \text{ membutuhkan mesin } m \\ 0, & \text{jika part } p \text{ tidak membutuhkan mesin } m \end{cases}$$

Adapun algoritma dari metode ini adalah:

- 1). Pilih sembarang kolom part dan tentukan $i + 1$. Coba ganti setiap $(p-i)$ kolom part dalam setiap $(i+1)$ posisi yang mungkin dan hitung ME untuk setiap kolom dengan ME (kolom) = $\sum_{m=1}^{M-1} \sum_{p=1}^P a_{pm} a_{p,m+1}$. Pilih kolom yang memberikan nilai ME terbesar dan tempatkan pada posisi yang terbaik. Jika nilai yang tertinggi lebih dari satu pilih dan tempatkan pada posisi yang terbaik. Jika nilai yang tertinggi lebih dari satu pilih sembarang diantaranya. Naikkan i satu poin dan ulangi sampai $1 = p$.

- 2). Ulangi cara 1; langkah pertama untuk baris, kemudian hitung ME (baris) =
$$\sum_{p=1}^{P-1} \sum_{m=1}^M a_{pm} a_{p+1,m}$$
. Penggantian baris tidak perlu dilaksanakan jika *input array simetris*.

b. Rank Order Clustering I (ROC I)

Algoritma diperkenalkan oleh King pada tahun 1980 untuk pengelompokkan part-mesin. Metode ini memberikan teknik perhitungan matematis yang simpel, efektif dan efisien..

Adapun algoritma ROC I adalah sebagai berikut :

- 1). Untuk baris $m = 1, \dots, M$ hitung desimal ekuivalen C_m dengan membaca *entity* dalam biner dengan $C_m = \sum_{p=1}^P 2^{P-p} a_{pm}$ dimana a_{pm} dapat bernilai 0 atau 1. Urutkan baris berdasarkan C_m secara menurun. Jika ada yang sama, urutan baris yang sama tersebut tidak berubah.
- 2). Untuk kolom $p = 1, \dots, P$ hitung nilai desimal ekuivalen r_p dengan membaca *entity* dalam biner dengan r_p .
- 3). Jika matrik part-mesin baru tidak berubah, hentikan proses.

c. Rank Order Clustering II (ROC II)

ROC 2 diperkenalkan pertama kali oleh King dan Narkorchai pada tahun 1982), algoritma dimulai dengan mengidentifikasi kolom pada sisi sebelah kanan pada semua baris untuk semua nama part atau mesin yang memiliki nilai 1 pada *insident matrix*

Algoritma untuk ROC II adalah sebagai berikut :

- 1). Pengaturan baris. Dari $p = P$ (kolom terakhir) sampai kolom 1, tandai baris dengan nilai '1', pindahkan baris dengan nilai '1' tersebut bagian depan, pertahankan urutan penempatan sebelumnya.
- 2). Pengaturan kolom. Dari $m = M$ (baris terakhir) sampai 1, tandai kolom dengan '1', pindahkan kolom dengan '1' ke depan, pertahankan urutan penempatan.
- 3). Ulangi langkah 1 dan 2 sampai tidak ada perubahan

Untuk menilai hasil aplikasi suatu sel manufaktur, dapat digunakan parameter yang disebut *performance measure* (Singh, et al, 1996), dengan formulasi berikut:

$$\eta = \omega \eta_1 + (1 - \omega) \eta_2 \quad (2)$$

Angka 0,5 disarankan untuk faktor pembobotan (ω)

dengan :

$$\eta_1 = \frac{o - e}{o - e + v} \quad (3)$$

$$\eta_2 = \frac{MP - o - v}{MP - o - v + e} \quad (4)$$

dimana:

$$o = \sum_{p=1}^P \sum_{m=1}^M a_{pm} \quad (5)$$

$$d = \sum_{c=1}^C \sum_{p \in P_{cm} \in M_c} a_{pm} \quad (6)$$

$$v = \sum_{c=1}^C |M_c| |P_c| - d \quad (7)$$

$$e = o - d \quad (8)$$

M = jumlah mesin

P = jumlah part

o = jumlah angka 1 dalam matrik $\{a_{pm}\}$

d = jumlah angka 1 dalam blok

e = jumlah *exceptional element* yang ada dalam solusi

v = jumlah *void* dari solusi

C = jumlah sel

c = indeks dari sel

m = indeks dari mesin

Mc = sekumpulan mesin di sel c

Pc = sekumpulan part di sel c

Simulasi sistem adalah teknik untuk ‘meniru’ operasi dari sistem (biasanya dengan komputer), apabila sistem tersebut sangat kompleks dan tidak memungkinkan dilakukannya analisa (pencarian solusi) secara analitis/ matematis. Model simulasi secara numeris ‘mencermati’ model, dengan memberikan input untuk melihat bagaimana input-input tersebut mempengaruhi output yang diukur (Law&Kelton,1991).

Untuk menentukan apakah model simulasi yang dibuat telah mewakili sistem riilnya maka perlu dilakukan tahap validasi model. Validasi dapat dilakukan dengan:

1. Pengujian kesamaan dua rata-rata dengan langkah berikut:

a). Pasangan hipotesisnya adalah :

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_{0i}$$

b). Menentukan tingkat signifikansi (α)

c). Menentukan daerah penolakan :

H_0 diterima jika :

$$-t_{(\alpha/2;n_1+n_2-2)} < t_{hitung} < t_{(\alpha/2;n_1+n_2-2)}$$

H_0 ditolak jika :

$$t_{hitung} \geq t_{(\alpha/2;n_1+n_2-2)} \text{ atau } t_{hitung} \leq -t_{(\alpha/2;n_1+n_2-2)}$$

dimana $t_{\alpha/2}$ didapat dari daftar distribusi t dengan dk = (n_1+n_2-2) .

d). Uji statistik:

$$Sp^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (9)$$

$$t_{hitung} = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{Sp^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (10)$$

dimana : Sp^2 = Variansi gabungan

S_1 = Standar Deviasi sampel I

S_2 = Standar Deviasi sampel II

n_1 = Ukuran Sampel I

n_2 = Ukuran Sampel II

x_1 = Rata-rata sampel I

x_2 = Rata-rata sampel II

2. Pengujian kesamaan dua variansi dengan langkah berikut:

a). Pasangan Hipotesisnya adalah :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_0 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

b). Menentukan tingkat signifikansi (α)

c). Menentukan daerah penolakan:

1). Apabila $S_1^2 > S_2^2$

H_0 diterima apabila: $F \leq F_{\alpha/2 ; n_1-1, n_2-1}$

H_0 ditolak apabila: $F > F_{\alpha/2 ; n_1-1, n_2-1}$

2). Apabila $S_1^2 < S_2^2$

H_0 diterima apabila: $F \leq F_{\alpha/2 ; n_1-1, n_2-1}$

H_0 ditolak apabila: $F > F_{\alpha/2 ; n_1-1, n_2-1}$

d). Uji statistik:

$$F = \frac{\text{Varians terbesar}}{\text{Varians terkecil}} \quad (11)$$

METODE PENELITIAN

a. Obyek penelitian

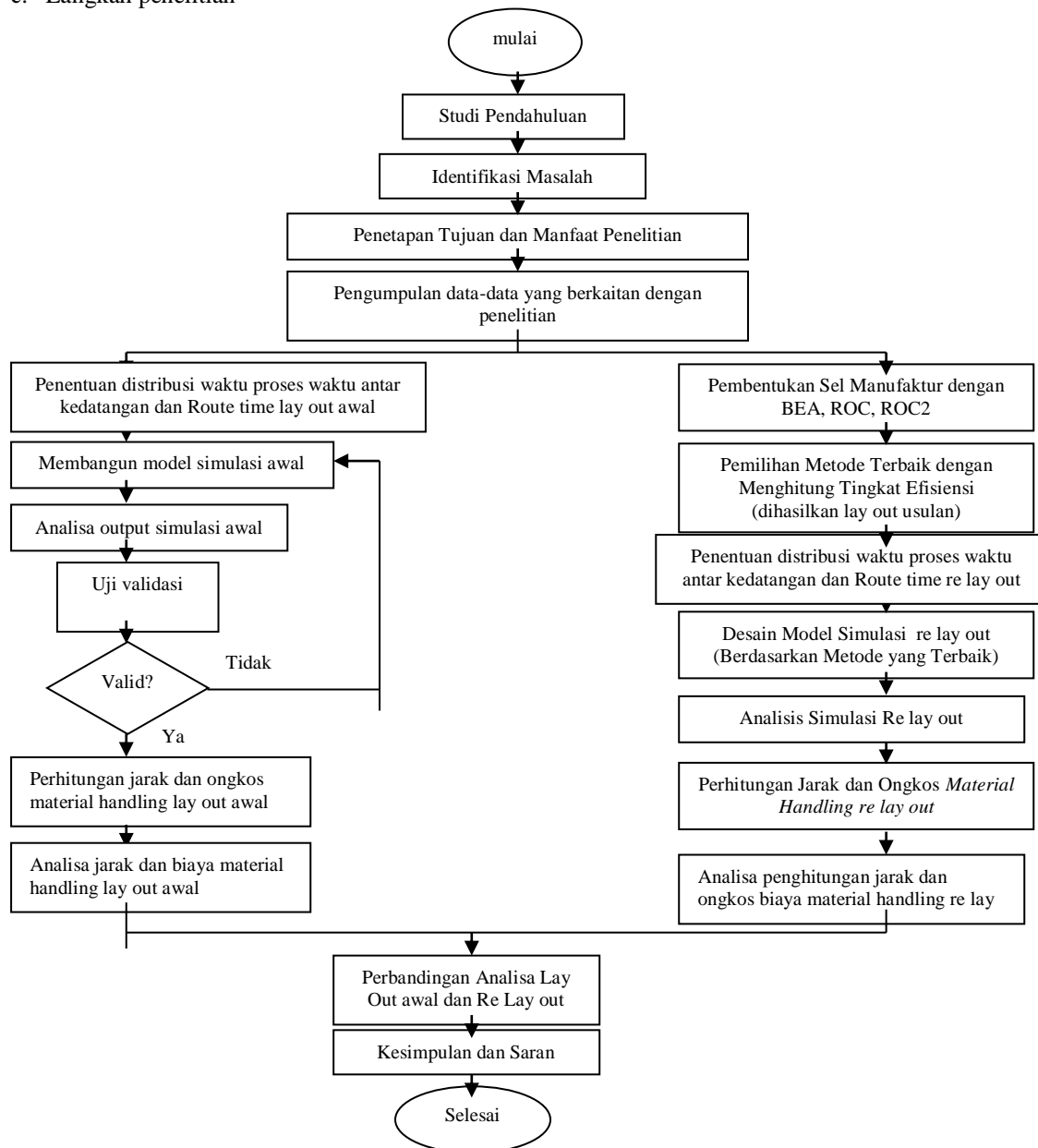
Tata letak (*lay out*) fasilitas produksi pada PT MH Yogyakarta

b. Alat penelitian

1. Stopwatch

2. Software ARENA 3.0

c. Langkah penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

a. Pengumpulan data

Data tentang komponen produk:

Tabel 1. Jenis Part (komponen) untuk 1 produk Patung Drum

No	Jenis Part (Komponen)	Jumlah (unit)
1.	Kepala	1
2.	Tangan	2
3.	Badan	1
4.	Kaki	2
5.	Stik penabuh	2
6.	Penyangga jaz	1
7.	Jaz	1
8.	Drum kecil	2
9.	Penyambung drum kecil	1
10.	Penyambung drum besar	1
11.	Drum besar	1
12.	Alas	1

Data tentang jenis mesin:

Tabel 2. Jenis-jenis Mesin atau alat yang digunakan

No	Jenis mesin atau alat	jumlah	Fungsi
1.	Pinsil	8	Untuk mengemal
2.	Jacsaw	8	Untuk menggergaji kayu yang sudah di mal
3.	Bubut	3	Untuk membentuk benda yang sifatnya melingkar atau cekung
4.	Circle	1	Untuk memotong kayu gelondong kecil
5.	Bor duduk	7	Untuk membuat lubang
6.	Bor pistol	4	Untuk membuat lubang sekecil mungkin untuk penyetelan
7.	Selep	7	Untuk menghaluskan komponen yang kecil
8.	Gerinda	2	Untuk menghaluskan komponen yang besar
9.	Tatah	1	Untuk mengukir kepala dan bagian yang lain
10.	Amplas	10	Untuk menghaluskan

Data tentang routing komponen:

Tabel 3. Routing (urutan proses produksi) Part

No	Komponen (Part)	Urutan Produksi
1.	Kepala	9-5a-2a-10a
2.	Tangan	1a-2b-7a-5b-6a-10b
3.	Badan	1b-2c-7b-5c-10c
4.	Kaki	1c-2d-7c-6b-10d
5.	Stik penabuh	4a-7d-10e
6.	Penyangga jaz	4a-7d-10e
7.	Jaz	1d-3a-7e-5d-10f
8.	Drum kecil	1e-3b-2e-7f-5e-10g
9.	Penyambung drum kecil	1f-2f-7g-5d-10h
10.	Penyambung drum besar	4a-7d-10e
11.	Drum besar	1g-3c-2g-8a-5f-6c-10i
12.	Alas	1h-2h-8b-5g-6d-10j

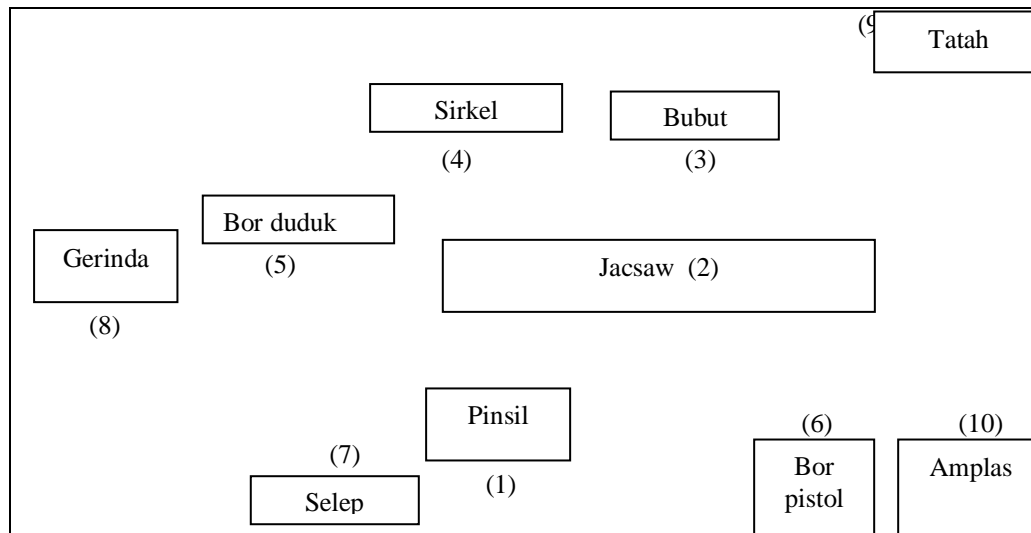
Data jarak antar mesin:

Tabel 4. Data Jarak Antar Mesin (meter)

Mesin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	1	5	3,5	4	5	1,5	5,5	9	7,5
2		-	2	1,5	3	3,5	4	4,5	7	6,5

3			-	1,5	3,5	4	5	5	5	5,5
4				-	2	5	5	4	6,5	6
5					-	5	2	8	7,5	7,5
6						-	6,5	9,5	9	1,5
7							-	7	9	9
8								-	9,5	10,5
9									-	8
10										-

Lay out awal:



Gambar 2. Lay Out Awal

b. Pengolahan data

Penentuan waktu proses komponen pada masing-masing mesin:

Tabel 5. Hasil Penentuan Jenis Distribusi Statistik Waktu Proses

Mesin/Alat	Jenis Proses	Jumlah Data	Waktu Rata-rata (detik)	Nilai dan Jenis Distribusi
Pinsil	Tangan	30	3,42	$2.6 + \text{ERLA}(0.137, 6)$
	Badan	30	4,89	$4.11 + \text{ERLA}(0.39, 2)$
	Kaki	30	2,52	$2 + 1.15 * \text{BETA}(1.15, 1.37)$
	Jaz	30	3,52	$3 + 1 * \text{BETA}(0.856, 0.793)$
	Drum kecil	30	7,52	$6 + 4 * \text{BETA}(1.09, 1.8)$
	Penyambung drum kecil	30	2,57	$\text{TRIA}(2.15, 2.57, 3)$
	Drum besar	30	7,29	$7.09 + \text{GAMM}(0.0481, 4.26)$
	Alas	30	4,26	$4.18 + 1.18 * \text{BETA}(1.57, 0.954)$
Jawsaw	Kepala	30	4,05	$3.02 + 1.98 * \text{BETA}(1.87, 1.73)$
	Tangan	30	11,6	$10.3 + 2.74 * \text{BETA}(1.57, 1.62)$
	Badan	30	28,3	$\text{NORM}(28.3, 0.431)$
	Kaki	30	19,5	$16.1 + \text{WEIB}(3.89, 2.91)$
	Drum kecil	30	5,5	$5.13 + 0.85 * \text{BETA}(1.29, 1.7)$
	Penyambung drum kecil	30	2,5	$2.16 + \text{WEIB}(0.38, 1.76)$
	Drum besar	30	5,76	$5.06 + \text{LOGN}(0.705, 0.517)$
	Alas	30	25	$21.2 + 6.77 * \text{BETA}(1.71, 1.39)$
Bubut	Jaz	30	6,49	$6 + 1 * \text{BETA}(0.764, 0.788)$
	Drum kecil	30	26,2	$\text{TRIA}(25, 26.3, 27.6)$
	Drum besar	30	31,2	$30 + 1.98 * \text{BETA}(1.38, 0.883)$

Sirkel	Stik penabuh Penyangga jaz Penyambung drum besar	30	2,42	2.05 + WEIB(0.421, 1.92)
--------	---	----	------	--------------------------

Keterangan: Pada tabel 5 tidak seluruh data ditampilkan

Tabel 6.Data hasil penentuan jenis distribusi statistik waktu antar kedatangan

Jenis Aktivitas	Jumlah Data	Waktu Rata-rata (detik)	Nilai dan Jenis Distribusi
Waktu antar kedatangan bahan baku pada pinsil	30	700	NORM(700, 146)
Waktu antar kedatangan bahan baku pada tatah	30	816	TRIA(607, 803, 999)
Waktu antar kedatangan bahan baku pada sirkel	30	440	NORM(440, 62)

Tabel 7.Data hasil penentuan jenis distribusi statistik waktu pemindahan

Jenis Aktivitas	Jumlah Data	Waktu Rata-rata (detik)	Nilai dan Jenis Distribusi
Pemindahan bahan baku dari gudang ke pinsil	30	296	253 + 85 * BETA(1.89, 1.87)
Pemindahan bahan baku dari gudang ke tatah	30	367	342 + 61 * BETA(0.86, 1.18)
Pemindahan bahan baku dari gudang ke sirkel	30	178	TRIA(141, 179, 218)
Pemindahan bahan dari pinsil ke jacsaw	30	6.18	5.11 + WEIB(1.2, 2.38)
Pemindahan bahan dari pinsil ke bubut	30	31.1	30 + 4 * BETA(0.566, 1.42)
Pemindahan bahan dari pinsil ke sirkel	30	21	NORM(21, 1.47)
Pemindahan bahan dari pinsil ke bor duduk	30	24.1	TRIA(21.1, 24, 27)
Pemindahan bahan dari pinsil ke bor pistol	30	30.1	27 + 7.92 * BETA(1.2, 1.89)
Pemindahan bahan dari pinsil ke selep	30	9.22	TRIA(7.44, 8.46, 11.8)
Pemindahan bahan dari pinsil ke gerinda	30	33.2	30 + 7.92 * BETA(1.32, 1.98)
Pemindahan bahan dari pinsil ke tatah	30	54.5	TRIA(49, 54.6, 60)
Pemindahan bahan dari pinsil ke amplas	30	44.8	43 + GAMM(1.44, 1.27)
Pemindahan bahan dari jacsaw ke bubut	30	12.3	TRIA(9.05, 12, 15)
Pemindahan bahan dari jacsaw ke sirkel	30	9.1	7.44 + GAMM(0.53, 3.13)
Pemindahan bahan dari jacsaw ke bor duduk	30	18	16 + 5 * BETA(0.629, 0.943)
Pemindahan bahan dari jacsaw ke bor pistol	30	21	NORM(21, 1.52)
Pemindahan bahan dari jacsaw ke selep	30	24.3	NORM(24.3, 0.976)
Pemindahan bahan dari jacsaw ke gerinda	30	27	NORM(27, 1.75)
Pemindahan bahan dari jacsaw ke tatah	30	42.3	40 + 4 * BETA(1.44, 1.11)
Pemindahan bahan dari jacsaw ke amplas	30	38.9	34 + LOGN(4.99, 2.65)
Pemindahan bahan dari bubut ke sirkel	30	9.02	7.44 + ERLA(0.527, 3)
Pemindahan bahan dari bubut ke bor duduk	30	21	19 + GAMM(0.451, 4.48)
Pemindahan bahan dari bubut ke bor pistol	30	24.3	NORM(24.3, 1.37)
Pemindahan bahan dari bubut ke selep	30	33	TRIA(30, 33.1, 35.9)
Pemindahan bahan dari bubut ke gerinda	30	30.1	24 + 11 * BETA(2.78, 2.24)
Pemindahan bahan dari bubut ke tatah	30	30	TRIA(27, 31.2, 33)
Pemindahan bahan dari bubut ke amplas	30	32.9	TRIA(30, 33, 36)
Pemindahan bahan dari sirkel ke bor duduk	30	12	NORM(12, 1.59)
Pemindahan bahan dari sirkel ke bor pistol	30	30.3	24 + 11 * BETA(2.87, 2.17)
Pemindahan bahan dari sirkel ke selep	30	30.1	TRIA(27, 31.2, 33)
Pemindahan bahan dari sirkel ke gerinda	30	24.2	TRIA(21.1, 24, 27)
Pemindahan bahan dari sirkel ke tatah	30	39	34 + LOGN(5.09, 2.71)

Ket: Pada tabel 7 tidak semua data ditampilkan

Selanjutnya dari data-data tersebut dibuat model simulasi dari *lay out* awal dan dilakukan validasi model simulasi dengan membandingkan output sistem riil dengan output simulasi. Hasil validasi menunjukkan bahwa simulasi *lay out* awal valid dalam mewakili sistem riil, dengan total output yang dihasilkan adalah 642 unit untuk 10 hari.

Total jarak perpindahan bahan adalah:

Tabel 8. Hasil Perhitungan Total Jarak Pemindahan Bahan *lay out* Awal

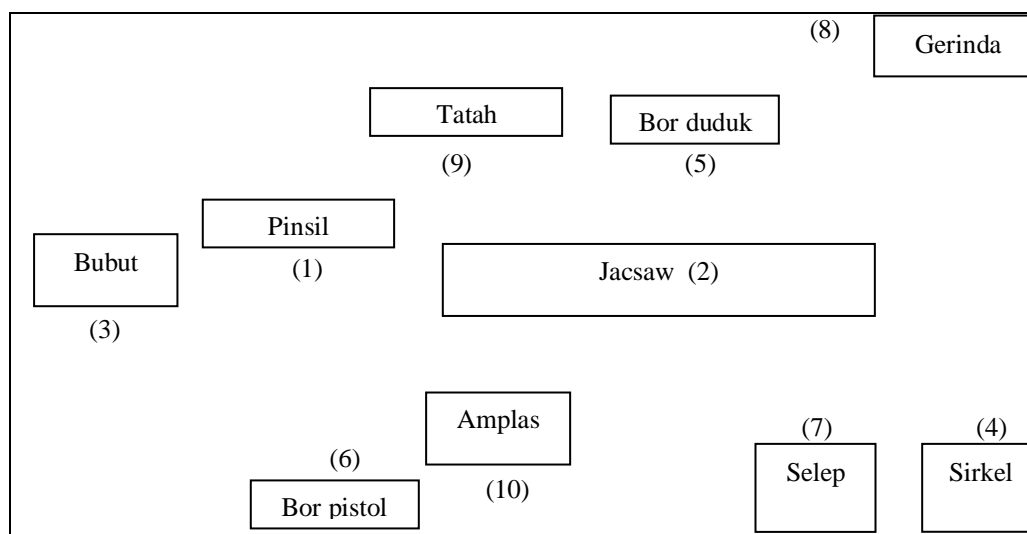
No.	Nama Komponen	Jarak (meter)	Frekuensi Tiap Hari	Total Jarak (meter)
1.	Kepala	17	1	17
2.	Tangan	13,5	1	13,5
3.	Badan	14,5	1	14,5
4.	Kaki	13	1	13
5.	Stik penabuh	14	1	14
6.	Penyangga jaz	14	1	14
7.	Jaz	19,5	1	19,5
8.	Drum kecil	20,5	1	20,5
9.	Penyambung drum kecil	14,5	1	14,5
10.	Penyambung drum besar	14	1	14
11.	Drum besar	26	2	52
12.	Alas	20	2	40
Total jarak keseluruhan komponen pada lay out awal				246,5

Dengan total jarak perpindahan bahan tersebut, biaya perpindahan bahannya adalah Rp2.170.416,67/bulan. Untuk membuat usulan tata letak yang baru, dibandingkan 3 metode *cell manufacturing* dengan hasil berikut:

Tabel 9. Perbandingan metode *cell manufacturing*

Metode	Tingkat efisiensi
BEA	0,685
ROC	0,720
ROC 2	0,660

Dari hasil tersebut maka dipilih metode ROC untuk menyusun *lay out* usulan. Tata letak yang baru berdasar metode ROC adalah:



Gambar 3. Re lay out (Usulan Tata Letak Baru)

Dari usulan *lay out* tersebut, dibuat model simulasinya untuk melihat peningkatan output yang dihasilkan. Sementara total jarak perpindahan bahan dari tata letak usulan adalah:

Tabel 10. Jarak Material Handling Komponen *Re Lay Out*

No.	Nama Komponen	Frek pemindahan	Routing produksi	Jarak Material Handling (meter)	Jumlah (meter)
1.	Kepala	1	9-5a-2a-10a	1,5+2+1	4,5
2.	Tangan	1	1a-2b-7a-5b-6a-10b	3+3,5+4+5+1,5	17

3.	Badan	1	1b-2c-7b-5c-10c	3+3,5+4+5	15,5
4.	Kaki	1	1c-2d-7c-6b-10d	3+3,5+6,5+1,5	14,5
5.	Stik penabuh	1	4a-7d-10e	1,5+5	6,5
6.	Penyangga jaz	1	4a-7d-10e	1,5+5	6,5
7.	Jaz	1	1d-3a-7e-5d-10f	8+9,5+4+5	26,5
8.	Drum kecil	1	1e-3b-2e-7f-5e-10g	8+4,5+3,5+4+5	25
9.	Penyambung drum kecil	1	1f-2f-7g-5d-10h	3+3,5+4+5	15,5
10.	Penyambung drum besar	1	4a-7d-10e	1,5+5	6,5
11.	Drum besar	2	1g-3c-2g-8a-5f-6c-10i	8+4,5+7+5+5+1,5	62
12.	Alas	2	1h-2h-8b-5g-6d-10j	3+7+5+5+1,5	43
Total jarak pemindahan bahan re lay out					243

Dengan total jarak perpindahan bahan tersebut, biaya perpindahan bahannya adalah Rp2.139.599,39/bulan, dengan output yang dihasilkan adalah 661 unit dalam 10 hari.

KESIMPULAN

1. Metode cell manufacturing yang memberikan nilai efisiensi tertinggi adalah metode Rank Order Clustering dengan nilai efisiensi adalah 0,720
2. Dengan perbaikan tata letak diperoleh pengurangan total jarak material handling dari 246,5 meter menjadi 243 meter
3. Dengan perbaikan tata letak diperoleh pengurangan biaya material handling sebesar Rp. 30.817,28/bulan
4. Dari hasil simulasi ditunjukkan bahwa terjadi peningkatan output produksi dari 642 unit menjadi 661 unit dalam 10 hari

DAFTAR PUSTAKA

1. Assauri, Sofyan, 1993, *Manajemen Produksi Operasi*, FE UI, Jakarta
2. Herjanto, Eddy, 1993, *Manajemen Produksi dan Operasi jilid 2*, PT Gramedi Widiasarana, Jakarta
3. Law AM dan Kelton WD, 1991, *Simulation Modeling and analysis*, McGraw Hill, New York
4. Reksoharadiprodjo, Sukanto dan Gitosudarmo, Indriyo, 1992, *Manajemen Produksi jilid 4*, BPFE, Yogyakarta
5. Singh, et al, 1996, *Cellular Manufacturing System Design Planning and Control*, Chapman and Hall, London
6. Wignjosoebroto, Sritomo, 1996, *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*, Penerbit Guna Widya, Jakarta